

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. August 2002 (29.08.2002)

PCT

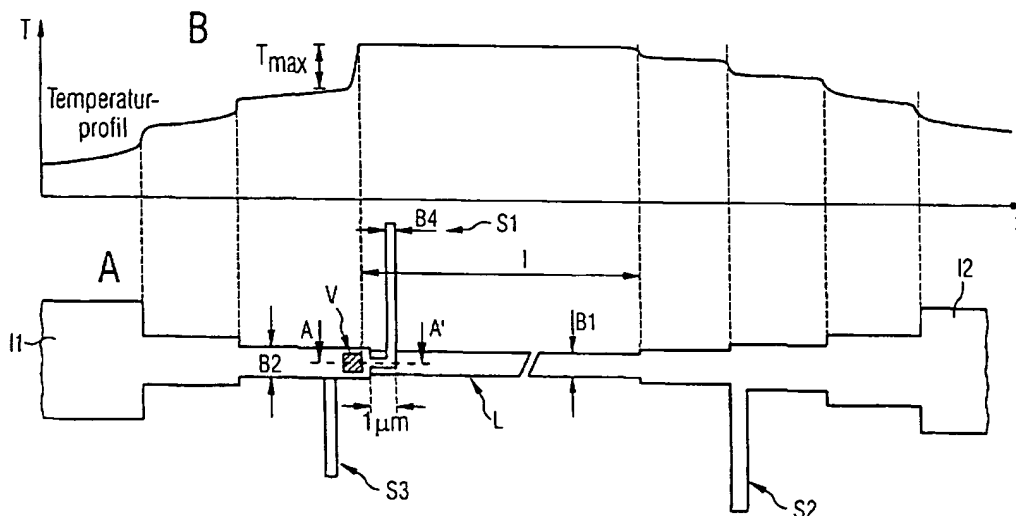
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/067318 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/66** (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St. Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04599
- (22) Internationales Anmeldedatum:
7. Dezember 2001 (07.12.2001) (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FAZEKAS, Josef** [DE/DE]; Scherzerstr. 7, 81476 München (DE). **MARTIN, Andreas** [DE/DE]; Bacherstr. 9, 81539 München (DE). **VON HAGEN, Jochen** [DE/DE]; Ludwig-Prager-Str. 2, 83059 Kolbermoor (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: **KINDERMANN, Peter**; Postfach 1330, 85627 Grasbrunn (DE).
- (30) Angaben zur Priorität:
101 08 915.5 23. Februar 2001 (23.02.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTROMIGRATION TEST STRUCTURE FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF WIRING

(54) Bezeichnung: ELEKTROMIGRATIONS-TESTSTRUKTUR ZUR ERFASSUNG EINER ZUVERLÄSSIGKEIT VON VER-
DRAHTUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to an electromigration test structure for determining the reliability of wiring. An area which is to be tested, comprising an electromigration area (L) and an electromigration barrier area (V), is formed between a first and second test structure connection area (I1, I2). In order to assess life expectancy with precision and speed, a first and third sensor connector (S1, S3) is disposed in the immediate vicinity of the electromigration barrier area (V) and a second sensor connection (S2) is disposed on the second test structure (I2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen, wobei zwischen einem ersten und zweiten Teststruktur-Anschlussbereich (I1, I2) ein zu testender Bereich mit einem Elektromigrationsbereich (L) und einem Elektromigrations-Barrierenbereich (V) ausgebildet ist. Zum hochgenauen und für hochbeschleunigte Tests geeigneten Abschätzen einer Lebensdauer befinden sich in unmittelbarer Nähe des Elektromigrations-Barrierenbereichs (V) ein erster und dritter Sensoranschluss (S1, S3), sowie am zweiten Teststruktur-Anschlussbereich (I2) ein zweiter Sensoranschluss (S2).

WO 02/067318 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Beschreibung

Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen und insbesondere auf eine Elektromigrations-Teststruktur für hochbeschleunigte Tests in Halbleiterschaltungen.

10

Eine hohe Zuverlässigkeit insbesondere bei integrierten Halbleiterschaltungen aber auch in der Dünnschichttechnik stellt einen wesentlichen Faktor bei der Produktion und der späteren Verwendung dar. Es werden daher eine Vielzahl von Tests bei der Herstellung durchgeführt, um eine möglichst genaue Aussage hinsichtlich der Qualität eines jeweiligen Herstellungsprozesses geben zu können.

15

Da ferner mit fortschreitender Integrationsdichte eine Strukturbreite von Verdrahtungen insbesondere in Halbleiterschaltungen zunehmend verringert wird, werden derartige Leiterbahnen in hochintegrierten Schaltkreisen während eines Betriebs mit sehr hohen Stromdichten belastet. Hierbei kommt es aufgrund der guten Kühlung durch das verwendete Grundmaterial bzw. Substrat nicht zu einem Aufschmelzen der Leiterbahnen. Statt dessen kommt es durch den Strom zu einem Materialtransport in Elektronenrichtung, der durch Bildung von Löchern in den Leiterbahnen zum Ausfall des Schaltkreises führen kann.

Dieser Mechanismus ist stromdichten- und temperaturabhängig und wird üblicherweise Elektromigration genannt. Die Elektromigration bestimmt unter anderem eine maximale Lebensdauer bzw. eine Zuverlässigkeit einer jeweiligen Schaltung und kann durch verschiedene Parameter in der Herstellung beeinflusst werden.

20

25

30

35

2

Um daher eine maximale Lebensdauer von Halbleiterschaltungen oder Dünnschichtschaltungen abschätzen zu können, werden sogenannte Elektromigrations-Tests durchgeführt, die bei erhöhten Temperaturen und Stromdichten an bestimmten Teststrukturen stattfinden. Üblicherweise wurden diese erhöhten Temperaturen in speziellen Öfen realisiert, wodurch ein beschleunigter künstlicher Alterungsprozess herbeigeführt werden kann. Da jedoch die Herstellung insbesondere von integrierten Halbleiterschaltungen mehrere Wochen dauern kann und bereits während der Herstellung die Überprüfung von eventuell fehlerhaften Strukturen gewünscht ist, wurden sogenannte beschleunigte und hochbeschleunigte Tests entwickelt, die eine Abweichung in der Herstellung in regelmäßigen Kontrollmessungen ermöglichen. Diese Messungen müssen hierbei im Sekundenmaßstab ablaufen, um die Herstellzeit und damit die Herstellkosten nicht zu erhöhen.

Eine weitergehende Beschleunigung ist jedoch nur über sehr hohe Temperaturen und entsprechende Stromdichten möglich, wobei eine Selbstheizung über den hohen Strom erfolgt.

Aus der Literaturstelle H.A. Schafft, "Reliability Test Chips: NIST33 & 34 for JEDEC Inter-Laboratory Experiments and More", IEEE International Integrated Reliability Workshop Final Report, S. 144f, 1997, ist eine Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen mittels hochbeschleunigter Tests bekannt, wobei zwischen einem ersten und zweiten Teststruktur-Anschlussbereich ein zu testender Elektromigrationsbereich in Form einer metallischen Leiterbahn bekannt ist. Zur Überprüfung eines Ausfalls befinden sich an den Teststruktur-Anschlussbereichen jeweils ein erster und zweiter Sensoranschluss, der zu einem dazugehörigen Sensorpad führt. Unter Verwendung der JEDEC-Standardtestverfahren wie z.B. dem isothermischen Test (JESD63) und dem sogenannten SWEAT-Test (JEP119) können somit Lebensdauerabschätzungen für die dazugehörigen Halbleiterschaltungen getroffen werden. Nachteilig ist jedoch bei der-

artigen Teststrukturen, dass sie nur eine geringe Produktrelevanz aufweisen, da üblicherweise in Halbleiterschaltungen sogenannte Elektromigrations-Barrieren beispielsweise in Form von Kontakten (Vias) zwischen leitenden Schichten verwendet werden, welche mit derartigen Teststrukturen nicht oder nicht ausreichend überprüft werden können.

Aus der Literaturstelle T.S. Sriram, "Electromigration Teststructure Designs to identify VIA failure modes", Proc. International Conference on Microelectronic Teststructures, S. 155 bis 157, 2000 ist eine weitere herkömmliche Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen bei hochbeschleunigten Tests bekannt, wobei der zu testende Bereich der Elektromigrations-Teststruktur sowohl einen Elektromigrationsbereich in Form einer metallischen Leiterbahn als auch eine Elektromigrations-Barriere in Form eines Kontaktes (Vias) aufweist. Auf diese Weise erhält man zwar eine verbesserte Produktrelevanz bzw. verbesserte Aussagekraft für die dazugehörige Halbleiterschaltung, wobei jedoch keine hochgenauen quantitativen Aussagen insbesondere hinsichtlich der Temperatur möglich sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen zu schaffen, mit der eine weitere Beschleunigung eines Tests bei verbesserter Testgenauigkeit realisierbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Insbesondere durch die Verwendung eines dritten Sensoranschlusses, der in unmittelbarer Nähe zum Elektromigrations-Barrierenbereich an dem Elektromigrationsbereich angeschlossen ist und eine derartige Strukturierung des Elektromigrationsbereichs dahingehend, dass sich darin eine im wesentlichen homogene Temperaturverteilung ergibt, können außerordentlich

präzise Aussagen über die jeweils anliegenden Temperaturen getroffen werden, wodurch sich die Stromdichten einstellen lassen und in Abhängigkeit von den quantitativen Aussagen über die Temperatur eine verbesserte Testgenauigkeit auch bei
5 Verwendung von beispielsweise Kontakten (Vias) ergibt. Als Nebeneffekt kann dadurch ferner eine vereinfachte elektrische Fehleranalyse zur genauen Bestimmung eines Ausfallortes durchgeführt werden.

10 Vorzugsweise besitzen erste und zweite Teststruktur-Anschlussbereiche eine Verjüngung zum zu testenden Bereich, wodurch das Auftreten von mechanischen Spannungen und eine Metallflussdivergenz aufgrund von Temperaturunterschieden sowie eine veränderte Elektromigration verhindert werden
15 kann. Die Verjüngung ist hierbei im wesentlichen stufenweise ausgebildet, wodurch bei einer entsprechenden Strukturierung bzw. Auswahl der jeweiligen Leiterbahnbreiten ein maximaler und genau vorbestimmbarer Temperaturgradient eingestellt werden kann.

20

Zur weiteren Erhöhung der Testgenauigkeit werden die Sensoranschlüsse so zum Elektromigrationsbereich bzw. zum Teststruktur-Anschlussbereich ausgebildet, dass ein gewisser Temperaturabgleich stattfinden kann und der Einfluss der
25 Sensoranschlüsse minimiert wird. Ein zweiter Sensoranschluss befindet sich hierbei vorzugsweise am zweiten Teststruktur-Anschlussbereich im Bereich der Verjüngung, wodurch eine im Elektromigrationsbereich vorherrschende Temperatur nahezu unbeeinflusst bleibt.

30

Zur weiteren Verbesserung einer jeweiligen Produktrelevanz können im wesentlichen parallel zum zu testenden Bereich Blindstrukturen ausgebildet werden, wodurch wesentlich realistischere Strukturen erzeugt werden und beispielsweise eine
35 Temperaturableitung auf benachbarte Leiterbahnen ausgewertet werden kann. Die Blindstruktur besteht vorzugsweise aus einem Blind-Elektromigrationsbereich und einem Blind-

Elektromigrations-Barrierenbereich, wodurch nicht nur die Leiterbahnen, sondern auch beispielsweise die Kontakte (Vias) hinsichtlich ihres produktrelevanten Temperaturverhaltens getestet werden können.

5

In den weiteren Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung bezeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

10

Es zeigen:

Figur 1a eine vereinfachte Draufsicht einer Elektromigrations-Teststruktur gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

15

Figur 1b ein zur Teststruktur gemäß Figur 1a dazugehöriges Temperaturprofil;

20

Figur 1c eine vereinfachte Schnittansicht entlang eines Schnitts A-A' in Figur 1a;

Figur 1d eine Teilansicht der Elektromigrations-Teststruktur im Bereich eines Elektromigrations-Barrierenbereichs;

25

Figur 2 eine vereinfachte Draufsicht einer Elektromigrations-Teststruktur gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel; und

30

Figur 3 eine Teil-Schnittansicht eines Elektromigrations-Barrierenbereichs gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

35

Figur 1a zeigt eine vereinfachte Draufsicht einer Elektromigrations-Teststruktur gemäß eines ersten Ausführungsbeis-

spiels, wobei ein zu testender Bereich einen Elektromigrationsbereich L und einen Elektromigrations-Barrierenbereich V aufweist. Genauer gesagt besteht der Elektromigrationsbereich L beispielsweise aus einer metallischen Leiterbahn mit einer Breite B_l , die beispielsweise in einer Metallisierungsebene einer dazugehörigen Halbleiterschaltung ausgebildet ist. Bei einer ausreichenden Länge l des Elektromigrationsbereichs L herrscht bei einer konstanten Temperatur in diesem Bereich ein konstanter Materialfluss vor, der durch Elektromigration verursacht wird.

Zur Realisierung eines Elektromigrations-Barrierenbereichs V, in dem ein verringerter Materialfluss aufgrund von Elektromigration vorherrscht, verwendet die Teststruktur gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel einen Kontakt (Via) bzw. Kontaktloch V, welches sich zwischen der Metallisierungsebene für den Elektromigrationsbereich L und einer weiteren Metallisierungsebene für einen ersten Teststruktur-Anschlussbereich I1 befindet. In der dazugehörigen Halbleiterschaltung stellen derartige Kontakte (Vias) jeweilige Verbindungen zwischen den einzelnen Metallisierungsebenen her, wobei jedoch üblicherweise andere Materialien verwendet werden und deshalb ein verringerter Materialfluss aufgrund des Elektromigrationseffektes vorherrscht. Diese Bereiche wirken daher als Elektromigrations-Barrieren.

Figur 1c zeigt eine vereinfachte Schnittansicht entlang eines Schnitts A-A' in Figur 1a, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente darstellen und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

Gemäß Figur 1c kann der erste Anschlussbereich I1 eine erste metallische Leiterbahn aufweisen, die beispielsweise aus Aluminium, Kupfer usw. besteht. In gleicher Weise kann der in der darunterliegenden Metallisierungsebene ausgebildete Elektromigrationsbereich L ebenfalls eine Aluminium-, Kupfer- oder sonstige metallische Leiterbahn aufweisen. Der als Kon-

takt (Via) realisierte Elektromigrationsbereich besteht beispielsweise aus Wolfram, Titan oder einem sonstigen elektrisch leitenden Material mit guten Fülleigenschaften. Aufgrund des unterschiedlichen Materials wirken jedoch derartige

5 Kontakte (Vias) V als Elektromigrations-Barrieren, da kein gleichartiges Material nachgeliefert wird und somit an diesen Stellen bevorzugt ein Abtransport von Material in der leitenden Ebene erfolgt, der schließlich zum Ausfall der Teststruktur führen kann.

10

Gemäß Figuren 1a und 1c befinden sich in unmittelbarer Nähe des Kontaktes (Vias) V ein erster Sensoranschluss S1 und ein dritter Sensoranschluss S3 mit geringer Leiterbahnbreite B4. Aufgrund der geringen Leiterbahnbreite kann bereits eine

15 Beeinflussung einer Temperatur des zu testenden Bereichs minimiert werden. Ferner wird eine Breite B2 des ersten Teststruktur-Anschlussbereichs I1 am Kontakt (Via) V zu der Breite B1 des Elektromigrationsbereichs L derart bemessen, dass zwischen beiden Ebenen der Temperaturgradient aufgrund der

20 durch den eingeprägten Heizstrom erfolgten Joule'schen Erwärmung nicht zu hoch wird. Vorzugsweise wird ein Temperaturgradient zwischen dem ersten Teststruktur-Anschlussbereich I1 am Kontakt (Via) V und dem Elektromigrationsbereich L auf $< 50^{\circ}\text{C}$ eingestellt, wodurch mechanische Spannungen und eine Beein-

25 flussung der Elektromigration zuverlässig minimiert werden kann. Eine Stromeinprägung erfolgt hierbei direkt von dem ersten Teststruktur-Anschlussbereich I1 zum zweiten Teststruktur-Anschlussbereich I2, der sich am anderen Ende des Elektromigrationsbereichs L anschließt.

30

Zur weiteren Verringerung eines jeweiligen Temperaturgradienten und der daraus resultierenden Materialflussdivergenz zu einem eigentlichen Anschlusspad werden die Breiten des ersten und zweiten Teststruktur-Anschlussbereichs I1 und I2 jeweils

35 schrittweise verringert (Taperung), wodurch sich eine Verjüngung zum zu testenden Bereich ergibt. Wiederum werden die Querschnittsflächen der jeweiligen Leiterbahnabschnitte so

eingestellt, dass sich ein maximaler Temperaturgradient T_{\max} von z.B. 50°C ergibt und somit insbesondere auch mechanische Spannungen zwischen den Stufen vermieden werden. Ein weiterer Vorteil der Stufenform ist die einfache fotolithografische
5 Strukturierung.

Zur hochgenauen Bestimmung einer jeweils erzeugten Temperatur im Elektromigrationsbereich L besitzt der zweite Teststruktur-Anschlussbereich I2 einen zweiten Sensoranschluss S2, der
10 gemäß Figur 1a beispielsweise erst an der Verjüngung bzw. zweiten Stufe ausgebildet wird, wodurch sich eine eventuelle Beeinflussung eines Temperaturprofils durch den zweiten Sensoranschluss S2 weiter verringern lässt. Wiederum wird eine Breite des Sensoranschlusses möglichst gering gehalten, um
15 eine unerwünschte Temperatursenke zu verhindern.

Figur 1b zeigt eine vereinfachte Darstellung eines Temperaturprofils entlang der in Figur 1a dargestellten Teststruktur. Wesentlich ist hierbei, dass die im Elektromigrationsbereich L erzeugte Temperatur außerordentlich homogen ist und
20 über die Sensoranschlüsse S2 und S3 auch quantitativ sehr genau erfasst werden kann, was insbesondere bei hochbeschleunigten Tests von Bedeutung ist. Mit einer derartigen Teststruktur können somit aufgrund von stark erhöhten Stromdichten insbesondere im Elektromigrationsbereich L die aufgrund
25 der Joule'schen Erwärmung resultierenden starken Erwärmungen und hohen Temperaturen erzielt werden, die zu einer wesentlichen Verkürzung der Testzeiten führen. Die außerordentlich hohen Temperaturen im Elektromigrationsbereich L sind hierbei
30 im wesentlichen konstant und können über den zweiten und dritten Sensoranschluss S2 und S3 hochgenau ermittelt werden um jeweilige Testprogramme entsprechend anzusteuern.

Beispielsweise wird zur Temperaturbestimmung hierbei eine
35 Temperaturabhängigkeit des Elektromigrationsbereichs L bzw. eines dazugehörigen Metallwiderstandes ausgenutzt, wobei die Sensoranschlüsse jeweils als Spannungsabgriffe zum Erfassen

eines jeweiligen Spannungsabfalls bzw. einer Potentialdifferenz über dem Elektromigrationsbereich L dienen. Die einfache Struktur des Elektromigrationsbereichs L mit seiner ausreichenden Länge l und vorbestimmten Breite B1 ermöglicht somit
5 eine einfache und äußerst exakte Bestimmung einer jeweiligen Leiterbahntemperatur während der Messung, wodurch sich ausreichende Rückschlüsse auf die dazugehörige Halbleiterschaltung bzw. Dünnfilmschaltung treffen lassen. Der Elektromigrationsbereich L und der Kontakt (Via) entsprechen hierbei
10 typischen Leiterbahnen und Kontakten (Vias) in der dazugehörigen Halbleiterschaltung.

Da die Spannungsanschlüsse bzw. -abgriffe S1 und S3 am Kontakt (Via) zu einer unerwünschten Kühlung der Struktur und
15 insbesondere des Elektromigrationsbereichs L führen können, werden diese Sensoranschlüsse S1 und S3 gemäß Figuren 1a und 1d über einen gewissen Abschnitt bzw. zumindest teilweise parallel zum Elektromigrationsbereich L bzw. zum Teststruktur-Anschlussbereich I1 geführt, wodurch sich eine Optimierung des Temperaturprofils ergibt. In gleicher Weise ist auch
20 der Sensoranschluss S2 nicht unmittelbar sondern erst nach der ersten Stufe zur Vermeidung unerwünschter Temperatursenken am zweiten Anschlussbereich I2 ausgebildet. Bei entsprechender Dimensionierung der jeweiligen Leiterbahnbreiten
25 können somit insbesondere aufgrund von Temperaturunterschieden hervorgerufene mechanische Spannungen weitgehend verhindert werden.

Gemäß Figuren 1a und 1b werden die Breiten B1, B2, B3 und B4
30 der jeweiligen Anschlussbereiche I1 und I2 des Elektromigrationsbereichs L und des Elektromigrations-Barrierenbereichs V derart dimensioniert, dass bei Erreichen einer jeweiligen Testtemperatur im Elektromigrationsbereich L ein jeweiliger Temperaturgradient unterhalb eines maximal vorbestimmten
35 Wertes T_{\max} (z.B. 50°C) liegt. Insbesondere durch den dritten Sensoranschluss S3 ist es nun auch möglich, produktrelevante Zuverlässigkeitsuntersuchungen (d.h. Kontakte (Vias) V auf-

weisende Halbleiterschaltungen) mit hochbeschleunigten Testmethoden durchzuführen, wobei außerordentlich genaue Aussagen beispielsweise über eine jeweilige Lebensdauer von Halbleiterschaltungen oder Dünnschichtschaltungen getroffen werden
5 können. Darüber hinaus ist es durch diesen weiteren Sensoranschluss S3 nunmehr möglich, auch den genauen Ausfallort elektrisch zu bestimmen, wodurch eine jeweilige Ursache des Ausfalls ermittelt werden kann. Aufwändige Präparationen und REM-Untersuchungen, wie sie an herkömmlichen Teststrukturen
10 durchgeführt werden mussten, um beispielsweise den genauen Ort des Ausfalls zu ermitteln, sind folglich nicht mehr notwendig.

Figur 2 zeigt eine vereinfachte Draufsicht einer Elektromigrations-Teststruktur gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente bezeichnen und auf eine wiederholte Beschreibung
15 nachfolgend verzichtet wird.

Gemäß Figur 2 werden in einem zweiten Ausführungsbeispiel parallel zum zu testenden Bereich, der im wesentlichen den Elektromigrationsbereich L und den Elektromigrations-
20 Barrierenbereich V aufweist, sogenannte Blindstrukturen ausgebildet, die vorzugsweise in einem Abstand F beabstandet sind. F ist hierbei eine minimale lithografisch zu realisierende Strukturbreite eines jeweiligen Herstellungsprozesses.
25

Eine derartige zumindest zum Elektromigrationsbereich L ausgebildete Blindstruktur dient wiederum einer Erhöhung einer
30 jeweiligen Produktrelevanz. Da insbesondere die bei lithografischen Prozessen verwendeten Abbildungseigenschaften isolierte bzw. einzelne Leiterbahnen nur unscharf und mit sehr unbestimmten Querschnittseigenschaften abbilden können, ermöglicht die in Figur 2 dargestellte Blindstruktur eine Anpassung an tatsächlich vorherrschende Bedingungen, da der zu
35 testende Bereich im wesentlichen die gleiche Strukturierung aufweist, wie eine Leiterbahn in der dazugehörigen Halblei-

ter- bzw. Dünnschichtschaltung. Das Auftreten von überkritischen Teststrukturen, die beispielsweise früher ausfallen als die dazugehörige Halbleiterschaltung, kann dadurch verhindert werden.

5

Gemäß Figur 2 wird demzufolge parallel zu dem Elektromigrationsbereich L jeweils ein Blind-Elektromigrationsbereich bzw. eine jeweilige Dummy-Leitung DL im minimal erlaubten Abstand zu beiden Seiten der Teststruktur ausgebildet. Neben den

10 vorstehend beschriebenen verbesserten Abbildungseigenschaften

insbesondere für den Elektromigrationsbereich L können damit aber auch die Temperaturverhältnisse in einer dazugehörigen Halbleiterschaltung wesentlich besser nachgebildet werden.

Genauer gesagt kühlen die Blind-Elektromigrationsbereiche DL wegen ihrer Nähe zur Teststruktur bzw. zum Elektromigrationsbereich L diesen ab, weshalb eine höhere Stromdichte zum

15 Erreichen der gleichen Testtemperatur notwendig wird. Da dieser Strom auch durch die Elektromigrations-Barrierenbereiche V fließt und eine Erwärmung darin hervorruft, können

20 zur Vermeidung einer entsprechenden Überhitzung die Blindstrukturen auch jeweilige Blind-Elektromigrations-Barrierenbereiche DV bzw. sogenannte Dummy-Kontakte (Vias)

aufweisen. Eine weitere Verbesserung der Produktrelevanz bzw. einer Wärmeabstrahlung an parallel liegende Leiterbahnen kann

25 durch die in Figur 2 dargestellten Blind-Anschlussbereiche DI parallel zum ersten und zweiten Anschlussbereich I1 und I2

realisiert werden. Mit der in Figur 2 dargestellten Blindstruktur kann demzufolge eine gleichmäßig Kühlung des Kontak-

30 tes (Vias) V und der leitenden Ebene erreicht und eine möglichst gleichmäßige und fototechnisch einwandfreie Abbildung

der jeweiligen Struktur realisiert werden, wodurch man eine sehr genaue Aussage über die jeweiligen Produkteigenschaften einer dazugehörigen Halbleiterschaltung erhält.

35 Figur 3 zeigt eine vereinfachte Teil-Schnittansicht einer Elektromigrations-Teststruktur gemäß eines dritten Ausführungsbeispiels im Bereich der Elektromigrations-Barriere V.

Gleiche Bezugszeichen bezeichnen wiederum gleiche oder entsprechende Elemente wie in den Figuren 1 und 2, weshalb auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

- 5 Gemäß Figur 3 kann eine Elektromigrations-Barriere mit verringertem Materialfluss auch dadurch entstehen, dass beispielsweise eine durchgehende metallische Leiterbahn über einer Topografie bzw. Kante abgeschieden wird, wodurch beispielsweise aufgrund von unterschiedlichen Abscheidungsge-
10 schwindigkeiten an der Kante unterschiedliche Materialstrukturen ergeben und ein verringerter Materialfluss aufgrund des Elektromigrationseffektes auftritt. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann demzufolge die vorstehend beschriebene Elektromigrations-Teststruktur nicht nur auf die vorstehend
15 beschriebenen Kontakte (Vias) sondern auch auf die in Figur 3 dargestellten Elektromigrations-Barrierenbereiche V angewendet werden, wodurch man wiederum einen hochgenauen und hochbeschleunigten Test von derartigen Strukturen realisieren kann. In gleicher Weise fallen gemäß Figur 3 beispielsweise
20 auch mittels Spacer-Technik realisierte Seitenwandkontakte oder Verbindungsstrukturen in Gräben unter den Begriff Elektromigrations-Barrierenbereich.

- Die Erfindung wurde vorstehend an Hand von integrierten Halb-
25 leiterschaltungen beschrieben. Sie ist jedoch nicht darauf beschränkt und umfasst in gleicher Weise elektrische Schaltungen, die in Dünnschichttechnik ausgebildet sind.

Patentansprüche

1. Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen mit

5

einem ersten und zweiten Teststruktur-Anschlussbereich (I1, I2) zum Einprägen eines Heizstroms;

10

einem zu testenden Bereich, der einen Elektromigrationsbereich (L) mit konstantem Materialfluss und einen Elektromigrations-Barrierenbereich (V) mit verringertem Materialfluss aufweist und zwischen die Anschlussbereiche (I2, I2) geschaltet ist; und

15

einem ersten und zweiten Sensoranschluss (S1, S2) zum Erfassen eines Ausfalls des zu testenden Bereichs (V, L), gekennzeichnet durch

20

einen dritten Sensoranschluss (S3), der in unmittelbarer Nähe zum Elektromigrations-Barrierenbereich (V) an den Elektromigrationsbereich (L) angeschaltet ist, wobei der Elektromigrationsbereich (L) derart strukturiert ist, dass sich darin eine im wesentlichen homogene Temperaturverteilung ergibt.

25

2. Elektromigrations-Teststruktur nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromigrations-Barrierenbereich (V) einen Kontakt darstellt.

30

3. Elektromigrations-Teststruktur nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromigrationsbereich (L) eine metallische Leiterbahn mit konstanter Breite (B1) darstellt.

35

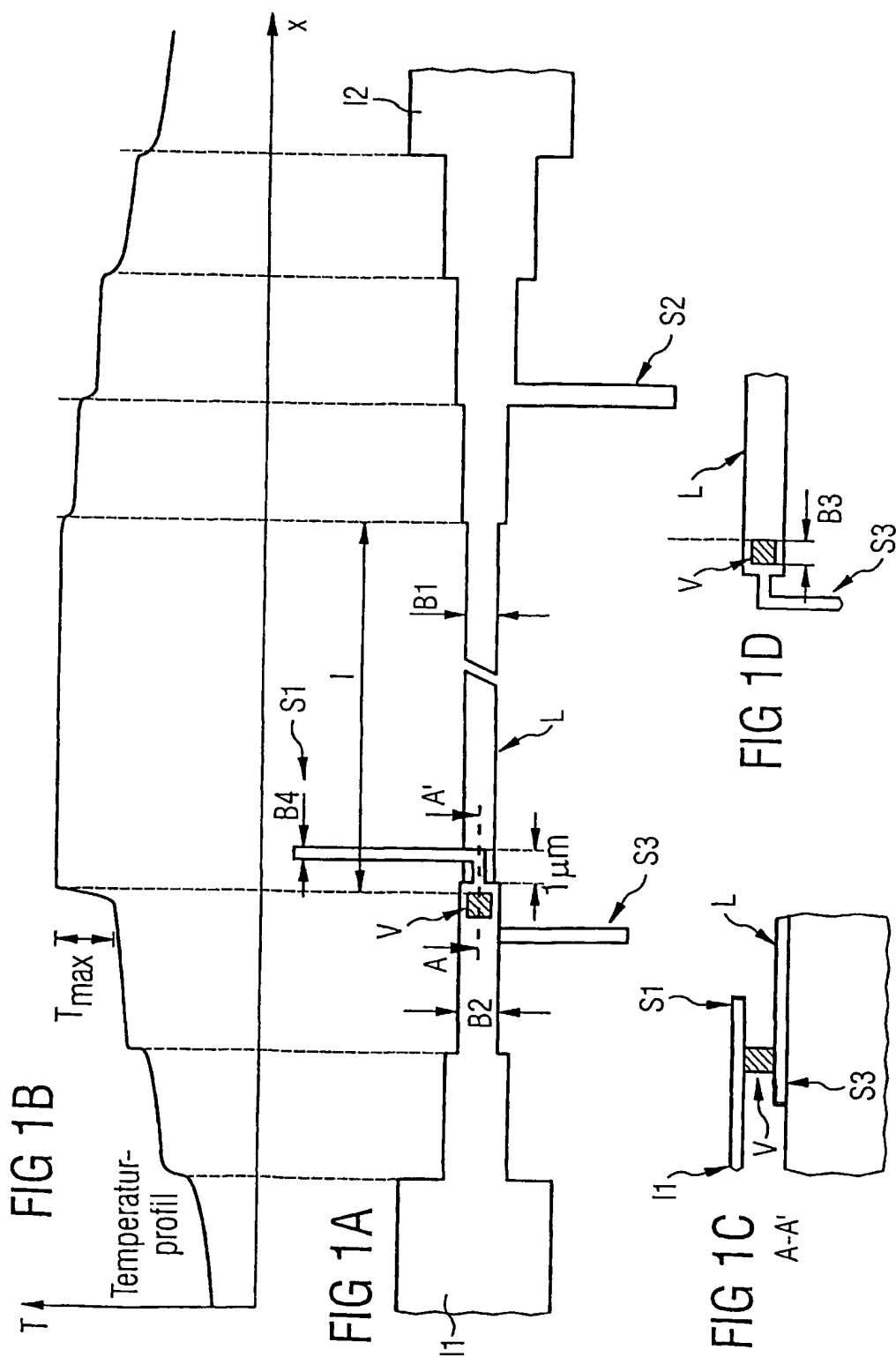
4. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass

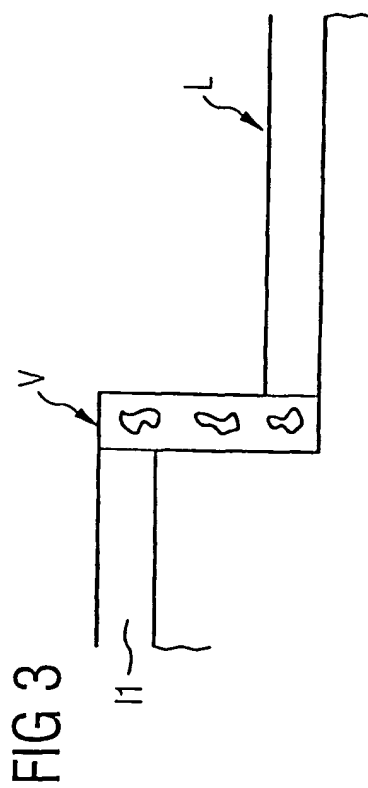
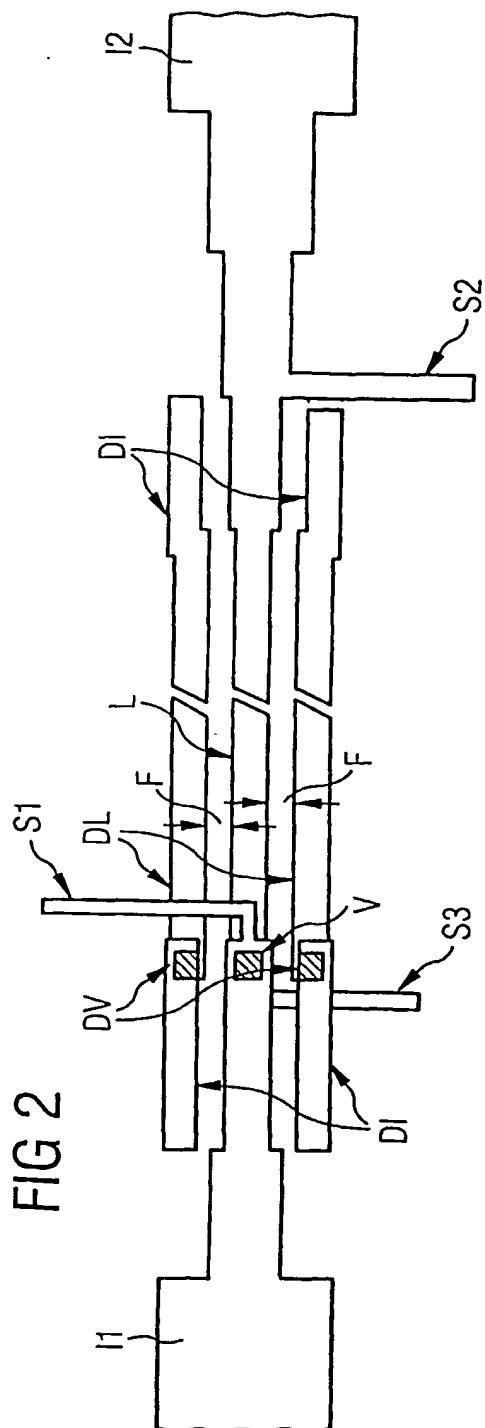
der erste und zweite Teststruktur-Anschlussbereich (I1, I2) eine Verjüngung zum zu testenden Bereich hin aufweist.

- 5 5. Elektromigrations-Teststruktur nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verjüngung im wesentlichen stufenweise ausgebildet ist.
- 10 6. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Sensoranschluss (S1) derart ausgebildet ist, dass ein gewisser Temperatenausgleich zum Elektromigrationsbereich (L) stattfinden kann.
- 15 7. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Sensoranschluss (S2) am zweiten Teststruktur-Anschlussbereich (I2) im Bereich der Verjüngung ausgebildet ist.
- 20 8. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Sensoranschluss (S3) derart ausgebildet ist, dass ein gewisser Temperatenausgleich zum ersten Teststruktur-Anschlussbereich (I1) stattfinden kann.
- 25 9. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Querschnittsfläche der jeweiligen Anschlussbereiche (I1, I2), des Elektromigrationsbereichs (L) und/oder des Elektromigrations-Barrierenbereichs (V) derart ausgebildet ist, dass bei Erreichen einer Temperatur ein jeweiliger Temperaturgradient von maximal einem vorbestimmten Wert (Tmax) besteht.
- 30 10. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Blindstruktur im wesentlichen parallel zum zu testenden Bereich ausgebildet ist.

11. Elektromigrations-Teststruktur nach Patentanspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass die Blindstruktur einen Blind-Elektromigrationsbereich (DL), einen Blind-
5 Elektromigrations-Barrierenbereich (DV) und/oder einen Blind-
Anschlussbereich (DI) aufweist.
12. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentan-
sprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet,
10 dass die Blindstruktur mit minimaler Strukturbreite (F) zum
zu testenden Bereich beabstandet ist.
13. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentan-
sprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet,
15 dass sie in einer Halbleiterschaltung oder einer Dünnschicht-
schaltung ausgebildet ist.
14. Elektromigrations-Teststruktur nach einem der Patentan-
sprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
20 dass sie für hochbeschleunigte Tests mit Joule'scher Erwär-
mung ausgebildet ist.

1/2





(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. August 2002 (29.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/067318 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 23/544**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04599

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Dezember 2001 (07.12.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 08 915.5 23. Februar 2001 (23.02.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FAZEKAS, Josef**
[DE/DE]; Scherzerstr. 7, 81476 München (DE). **MARTIN,**
Andreas [DE/DE]; Bacherstr. 9, 81539 München (DE).
VON HAGEN, Jochen [DE/DE]; Ludwig-Prager-Str. 2,
83059 Kolbermoor (DE).

(74) Anwalt: **KINDERMANN, Peter**; Postfach 1330, 85627
Grasbrunn (DE).

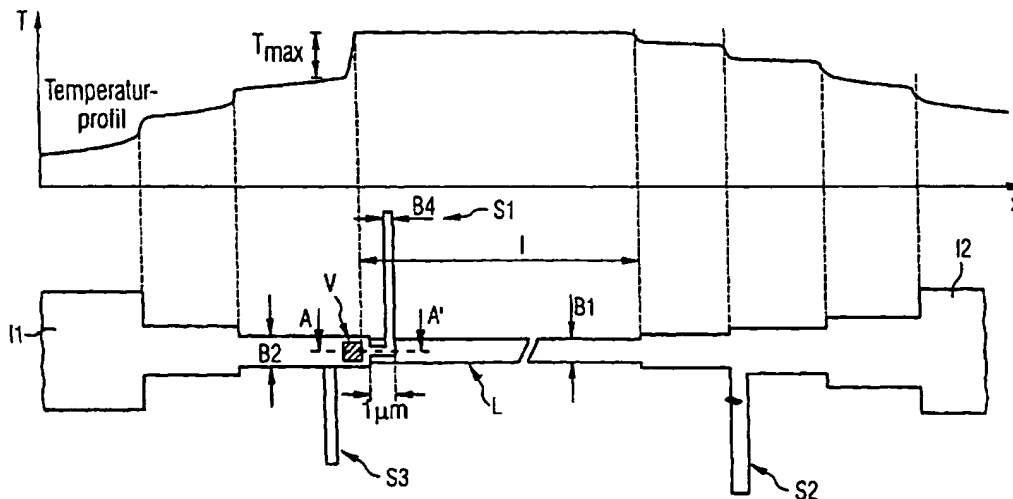
(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTROMIGRATION TEST STRUCTURE FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF WIRING

(54) Bezeichnung: ELEKTROMIGRATIONS-TESTSTRUKTUR ZUR ERFASSUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT VON VER-
DRAHTUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to an electromigration test structure for determining the reliability of wiring. An area which is to be tested, comprising an electromigration area (L) and an electromigration barrier area (V), is formed between a first and second test structure connection area (I1, I2). In order to assess life expectancy with precision and speed, a first and third sensor connector (S1, S3) is disposed in the immediate vicinity of the electromigration barrier area (V) and a second sensor connection (S2) is disposed on the second test structure (I2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Elektromigrations-Teststruktur zur Erfassung einer Zuverlässigkeit von Verdrahtungen, wobei zwischen einem ersten und zweiten Teststruktur-Anschlussbereich (I1, I2) ein zu testender Bereich mit einem Elektromigrationsbereich (L) und einem Elektromigrations-Barrierenbereich (V) ausgebildet ist. Zum hochgenauen und für hochbeschleunigte Tests geeigneten Abschätzen einer Lebensdauer befinden sich in unmittelbarer Nähe des Elektromigrations-Barrierenbereichs (V) ein erster und dritter Sensoranschluss (S1, S3), sowie am zweiten Teststruktur-Anschlussbereich (I2) ein zweiter Sensoranschluss (S2).

WO 02/067318 A3



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts:

8. Mai 2003

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

International Application No
PCT/DE 01/04599

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ. EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 09, 13 October 2000 (2000-10-13) & JP 2000 174085 A (NEC CORP), 23 June 2000 (2000-06-23)	1-9, 13, 14
Y	abstract; figure 2	10-12
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 04, 31 August 2000 (2000-08-31) & JP 2000 003947 A (NEC CORP), 7 January 2000 (2000-01-07)	1-6, 8, 13, 14
X	US 5 777 486 A (HSU CHEN-CHUNG) 7 July 1998 (1998-07-07) abstract; figure 2	1, 2, 13, 14

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

Y Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *"E" earlier document but published on or after the international filing date
- *"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 February 2003

Date of mailing of the International search report

21/02/2003

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer _____

Schumacher, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/04599

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 448 273 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 25 September 1991 (1991-09-25) column 4, line 27 -column 6, line 33; figures 1,2 -----	10-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 326 (E-1565), 21 June 1994 (1994-06-21) & JP 06 077299 A (KAWASAKI STEEL CORP), 18 March 1994 (1994-03-18) abstract; figure 1 -----	10-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/04599

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2000174085 A	23-06-2000	KR 2000047955 A	25-07-2000
JP 2000003947 A	07-01-2000	JP 2974068 B2	08-11-1999
US 5777486 A	07-07-1998	NONE	
EP 0448273 A	25-09-1991	DE 69104248 D1	03-11-1994
		DE 69104248 T2	26-01-1995
		EP 0448273 A1	25-09-1991
		HK 188595 A	22-12-1995
		JP 4223355 A	13-08-1992
		SG 9590332 A2	01-09-1995
		US 5264377 A	23-11-1993
JP 06077299 7 A		NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04599

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L23/544

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 09, 13. Oktober 2000 (2000-10-13) & JP 2000 174085 A (NEC CORP), 23. Juni 2000 (2000-06-23)	1-9, 13, 14
Y	Zusammenfassung; Abbildung 2	10-12
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 04, 31. August 2000 (2000-08-31) & JP 2000 003947 A (NEC CORP), 7. Januar 2000 (2000-01-07)	1-6, 8, 13, 14
X	US 5 777 486 A (HSU CHEN-CHUNG) 7. Juli 1998 (1998-07-07)	1, 2, 13, 14
	Zusammenfassung; Abbildung 2	
	--- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Februar 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/02/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schumacher, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04599

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 448 273 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 25. September 1991 (1991-09-25) Spalte 4, Zeile 27 -Spalte 6, Zeile 33; Abbildungen 1,2 ---	10-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 326 (E-1565), 21. Juni 1994 (1994-06-21) & JP 06 077299 A (KAWASAKI STEEL CORP), 18. März 1994 (1994-03-18) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	10-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04599

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 2000174085	A	23-06-2000	KR	2000047955 A	25-07-2000
JP 2000003947	A	07-01-2000	JP	2974068 B2	08-11-1999
US 5777486	A	07-07-1998	KEINE		
EP 0448273	A	25-09-1991	DE	69104248 D1	03-11-1994
			DE	69104248 T2	26-01-1995
			EP	0448273 A1	25-09-1991
			HK	188595 A	22-12-1995
			JP	4223355 A	13-08-1992
			SG	9590332 A2	01-09-1995
			US	5264377 A	23-11-1993
JP 06077299 7	A		KEINE		